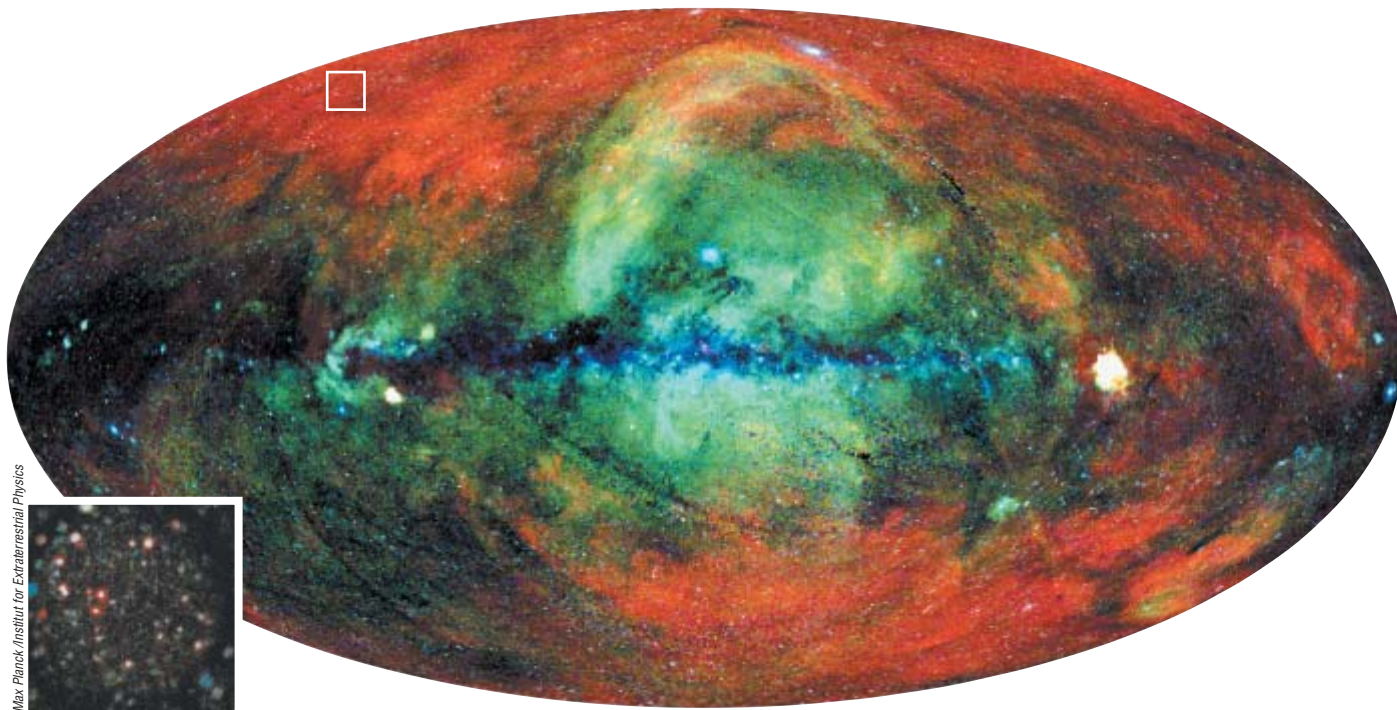




Max Planck Institut für Extraterrestrische Physik

5. LA COMPOSANTE X DU FOND DIFFUS est facile à identifier : c'est la brume qui recouvre les régions du ciel loin du plan de la Voie lactée (la bande horizontale). Le satellite ROSAT a enregistré en détail le Trou

de Lockman, une trouée qui nous permet d'observer l'Univers lointain (dans le cartouche). Les couleurs représentent des rayons X d'énergie élevée (en bleu), moyenne (en vert) et basse (en rouge).

Les astronomes ont fait une « radiographie » de l'Univers lointain en observant les rayons X durs pour lesquels le milieu interstellaire est parfaitement transparent. L'observatoire spatial *Chandra* et le satellite *XMM-Newton* ont exploré le ciel à des énergies supérieures à celles de ROSAT, jusqu'à dix kiloelectronvolts. Les équipes dirigées par R. Giacconi et Gordon Garmino, de l'Université de Pennsylvanie, ont réalisé les relevés les plus précis, grâce au satellite *Chandra*. Ces relevés ont résolu au moins 80 pour cent du fond diffus dans le domaine des rayons X durs. En les comparant aux relevés optiques, les astronomes ont commencé à identifier les images de ces sources dans le domaine visible.

Notre sympathique voisin ULIRG

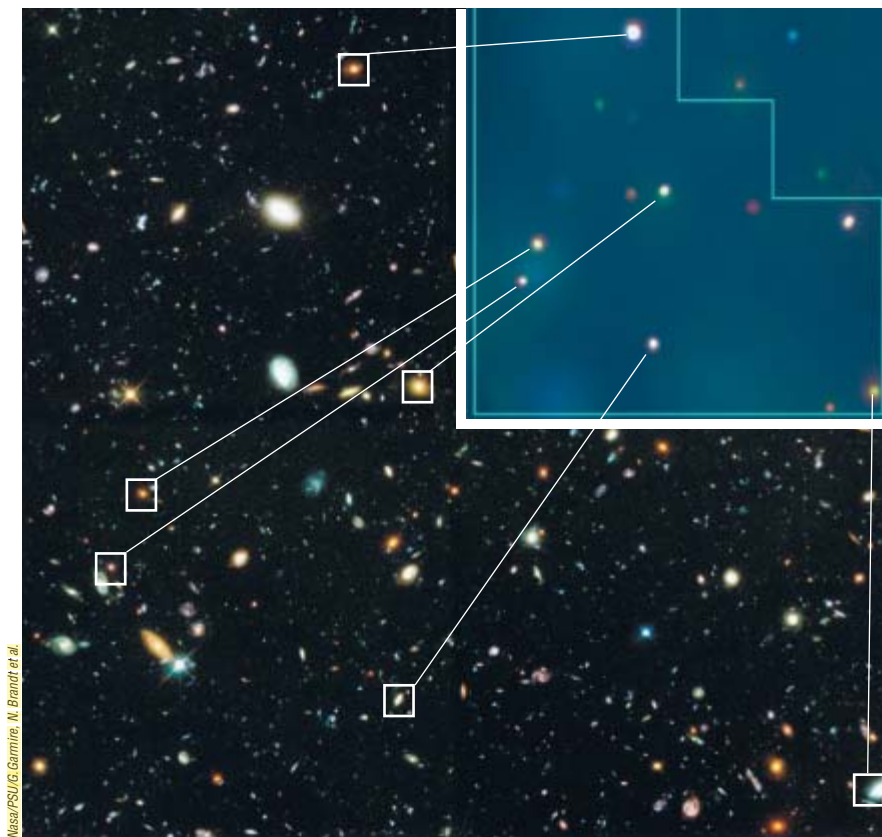
À ce jour, les sources identifiées correspondent à un mélange de noyaux actifs de types 1 et 2, en excellent accord avec les prévisions du modèle. Il est intéressant de noter qu'environ dix pour cent des sources découvertes par *Chandra* sont des galaxies très peu lumineuses, vraisemblablement des galaxies normales qui ne contiennent pas de noyau actif. Leur émission est due à un gaz intensément chauffé par la formation de grandes quantités d'étoiles.

Aujourd'hui, les astronomes élaborent une troisième méthode pour ana-

lyser le fond diffus. Ils cherchent, dans l'Univers local et contemporain, des objets – des fossiles vivants, en quelque sorte – qui se comportent comme les galaxies de type 2 que l'on observe dans l'Univers lointain et qui, peuplant le cosmos dans un passé reculé, sont responsables de l'essentiel du fond diffus. L'un de ces fossiles est la galaxie NGC 6240, étrange habitant du voisinage de la Voie lactée et membre de la classe exotique des ULIRG (acronyme de l'anglais *Ultra-luminous infrared galaxy*). Ces galaxies émettent la majeure partie de leur rayonnement dans le proche infrarouge, ce qui trahit le fait qu'elles sont saturées de poussière. Comme la poussière est constituée d'éléments lourds qui sont synthétisés dans les étoiles et redistribués dans l'espace intersidéral lorsque ces étoiles meurent, la présence de quantités prodigieuses de poussière résulte nécessairement d'épisodes d'intense formation stellaire. Alors que la Voie lactée ne produit que quelques nouvelles étoiles par an, NGC 6240 en produit des centaines. NGC 6240 est également dotée d'un des trous noirs les plus voraces de l'Univers local. L'étude de NGC 6240 a révélé que son spectre moyen présente le même profil que celui de la composante infrarouge du fond diffus. Ainsi, cette galaxie contient tous les ingrédients dont nous avons besoin pour expliquer ce fond diffus. En particulier, on comprend mieux pourquoi les galaxies de type 2 (obscurcies par la poussière)

sont prépondérantes dans l'Univers jeune : les galaxies entourant ces noyaux actifs étaient le siège d'épisodes de sursaut de formation stellaire, produisant de grandes quantités de poussières qui nous masquent leur trou noir. Ainsi, la formation stellaire et la présence de trous noirs voraces étaient beaucoup plus fréquentes par le passé qu'aujourd'hui. Pourquoi les épisodes de sursaut de formation stellaire et les noyaux actifs de galaxies vont-ils de pair ? La réponse n'est pas certaine, mais presque toutes les ULIRG – y compris NGC 6240 – présentent des signes indéniables de collision récente avec une autre galaxie. Ces collisions multiples favoriseraient la fusion de trous noirs formant des monstres supermassifs et déclencheraient, par ailleurs, des flambées de natalité stellaire.

Toutefois, ces deux phénomènes ne contribuent pas de façon équivalente au fond diffus. Les trous noirs supermassifs, aspirant la matière qu'ils chauffent à des températures de millions de kelvins, dominent le fond dans le domaine des rayons X, tandis que les flambées de formation d'étoiles contribuent surtout à la composante infrarouge. Ceci a été démontré à l'aide de la méthode de synthèse de population par Omar Almaini et ses collègues de l'Observatoire d'Édimbourg, en Écosse, qui ont estimé que 30 pour cent au plus du fond infrarouge était dû aux noyaux actifs de galaxies. L'un



NASA/PSU/G. Garmire, M. Brandt et al.

6. DES GALAXIES DISTANTES dont on sait maintenant qu'elles sont pleines de poussière interstellaire apparaissent sur cette image connue sous le nom de champ profond de Hubble. Sur l'image de la même région réalisée par le satellite *Chandra* sensible aux rayons X (dans le cartouche) apparaissent des sources très brillantes – probablement des trous noirs supermassifs – auxquelles on peut associer des galaxies apparaissant sur l'image reprise dans le domaine visible.

d'entre nous (G. Hasinger) a utilisé le télescope spatial sensible aux rayons X, *XMM-Newton*, et le satellite sensible à l'infrarouge *ISO*, pour estimer que les noyaux actifs contribuent à environ 15 pour cent du fond infrarouge.

Ellese Archibald et ses collègues du Centre d'astronomie de Hilo, à Hawaï, ont expliqué ces découvertes par une séquence naturelle de formation galactique. Selon leur scénario, chaque galaxie se forme autour d'un petit trou noir d'environ 1 à 1 000 masses solaires qui lui sert de graine. À ce moment, le flux de la galaxie est essentiellement dû à la lumière stellaire. Par la suite, le trou noir croît rapidement en avalant de la matière. Après environ 500 millions d'années, le trou atteint un milliard de masses solaires et devient si brillant qu'il masque l'éclat des étoiles : un quasar est né. Après une période d'intense activité, ce quasar ayant aspiré le combustible disponible s'endort jusqu'à ce que, à la faveur d'une rencontre rapprochée, une autre galaxie lui fournisse du gaz qui tombera à nouveau vers le centre, où que les deux

trous noirs galactiques fusionnent. Simultanément, ces événements déclenchent d'intenses flambées de natalité stellaire qui enrichissent l'ensemble en poussière et se signalent par une émission infrarouge intense.

Certaines pièces manquent encore à ce puzzle. Aurions-nous, par exemple, oublié, dans notre recensement, des galaxies trop diluées et trop étendues pour que nos instruments les détectent ? Par ailleurs, nous ne savons pas expliquer le fond diffus gamma. Nous ne connaissons principalement qu'un type de source susceptible de le produire : les blazars. Ce sont des noyaux actifs de galaxies, plus gros et plus turbulents encore que ceux qui contribuent au fond diffus X. Toutefois, les synthèses de population que l'on réalise à partir de ce que nous savons des blazars ne rendent pas compte de tout le flux gamma du fond diffus. De nouveaux relevés, plus complets, seront nécessaires. Des instruments dans les domaines infrarouge, radio et X, devraient bientôt voir le jour, qui nous aideront dans cette tâche.

La clarté nocturne

Il n'y a pas si longtemps, les astronomes se demandaient pourquoi le ciel nocturne est noir. En effet, dans un univers infini empli d'étoiles, toute direction prise au hasard devrait, à un moment ou un autre, rencontrer une étoile. Certes, plus cette étoile est lointaine et plus son éclat nous paraît faible. Toutefois, cet effet est exactement compensé par le fait que, si les étoiles sont réparties de façon assez uniforme dans l'Univers, le nombre d'étoiles vues croît comme le carré de la distance à laquelle on regarde. De ce fait, le ciel devrait être aussi lumineux que la surface du Soleil. En 1848, ce mystère, connu sous le nom de paradoxe d'Olber, fut résolu par... Edgar Allan Poe ! Dans un poème en prose intitulé *Eurêka*, il suggéra que la noirceur de la nuit prouve que l'Univers n'a pas toujours existé et que les étoiles n'ont pas eu le temps de l'emplir de leur lumière. Cette hypothèse a résisté à l'épreuve du temps et elle est considérée, désormais, comme une des grandes observations cosmologiques sur lesquelles repose la théorie du Big Bang. Toutefois, nous savons aujourd'hui que le ciel nocturne est imprégné d'un faible fond diffus constitué de toutes les longueurs d'onde. Grâce, en partie, à la théorie du Big Bang et au modèle standard de la cosmologie, nous avons fait beaucoup de progrès dans l'explication de ce fond diffus... mais il est amusant de penser que, tandis que les penseurs du XIX^e siècle ont expliqué pourquoi la nuit n'est pas d'une clarté aveuglante, nous devons, quant à nous, comprendre pourquoi elle n'est pas totalement noire.

Günther HASINGER est astronome à l'Institut Max Planck de Garching, en Allemagne. Roberto GILLI est astrophysicien à l'Observatoire de Florence, en Italie.

G. HASINGER, R. BURG, R. GIACCONI, M. SCHMIDT, J. TRÜMPER et G. ZAMORANI, *The ROSAT Deep Survey I : X-ray Sources in the Lockman Field*, in *Astronomy and Astrophysics*, vol. 329, n° 2, pp. 482-494, janvier 1998.

R. GILLI, M. SALVATI et G. HASINGER, *Testing Current Synthesis Models of the X-ray Background*, in *Astronomy and Astrophysics*, vol. 366, n° 2, pp. 407-417, février 2001.

G. LAGACHE et B. GUIDERDONI, *La face cachée des galaxies*, in *Pour la Science*, n° 296, pp. 52-59, juin 2002.